

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Limbah Domestik**

Dikutip dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 air limbah adalah air sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan. Sedangkan yang dimaksud dengan air limbah domestik yaitu air limbah yang berasal dari aktifitas sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air.

Dijelaskan oleh Lastary (2011) bahwa air limbah domestik dapat bersumber dari limbah yang dihasilkan dari aktifitas rumah tangga yang telah dibuang ke dalam saluran pembuangan. Pada dasarnya air limbah yang berasal dari pemukiman atau biasa disebut air limbah domestik terdiri dari air seni, tinja ataupun dapat berupa air buangan dari aktifitas lain seperti dapur, kamar mandi dan air cucian. Pada umumnya makin tinggi taraf kehidupan, maka dapat disimpulkan bahwa makin besar pula kebutuhan air yang digunakan sehingga hal tersebut mengakibatkan makin banyaknya limbah yang dihasilkan.

Air limbah domestik yang dihasilkan oleh kegiatan rumah tangga tentunya banyak mengandung zat-zat pencemar yang tidak baik untuk lingkungan terutama pada badan air. Dijelaskan oleh Sasongko (2006) bahwa air limbah domestik mengandung campuran unsur-unsur yang memiliki sifat yang kompleks. Pada dasarnya air yang terindikasi tercemar dapat diketahui secara langsung tanpa pemeriksaan dari laboratorium. Hal tersebut dapat kita ketahui dari timbulnya bau yang kurang sedap, warna ataupun busa pada air. Air limbah yang dibuang secara langsung ke badan air ataupun sungai tentunya akan mengakibatkan terganggunya keberlangsungan hidup flora dan fauna yang ada pada badan air ataupun sungai.

Selain berdampak pada flora dan fauna tingginya tingkat pencemaran akibat air limbah domestik yang dibuang langsung ke sungai atau badan air akan memberikan dampak yang signifikan terhadap kualitas hidup dan kesehatan masyarakat yang tinggal disepanjang bantaran sungai. Oleh sebab itulah perlu

dilakukannya pengolahan air limbah domestik dengan baik sebelum dibuang ke badan air ataupun sungai. Sebelum dilakukannya proses pengolahan terhadap air limbah domestik diperlukan kajian terlebih dahulu mengenai kandungan-kandungan ataupun karakteristik air limbah domestik yang dihasilkan. Hal tersebut perlu diketahui agar dapat dirancang dan dikembangkan teknologi yang tepat dalam mengolah air limbah domestik.

### 2.1.1 Karakteristik Air Limbah Domestik

Pada dasarnya karakteristik dari air limbah domestik tergantung dari waktu, tempat dan sumber dari limbah tersebut. Dijelaskan oleh Purba (2012) bahwa air limbah terdiri dari 99,9% air dan 0.1% padatan. Dimana padatan tersebut terdiri dari 70% organik berupa protein, karbohidrat serta lemak dan 30% anorganik berupa butiran, garam serta metal. Adapun karakteristik air limbah domestik secara umum dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2 1Karakteristik Air Limbah Domestik

Parameter	Konsentrasi (mg/l)	
	Kisaran	Rata-rata
Padatan:		
Terlarut	250-850	500
Tersuspensi	100-350	220
BOD	110-400	220
COD	250-1000	500
TOC	80-290	160
Nitrogen:		
Organik	8-35	15
NH <sub>3</sub>	12-50	25

Phospor:		
Organik	1-5	3
Anorganik	3-10	5
Chlorida	30-100	50
Minyak dan Lemak	50-150	100
Alkalinitas	50-200	100

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Telah dijelaskan bahwa air limbah domestik tentunya memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Namun, secara umum karakteristik air limbah domestik dapat dibagi menjadi 2 karakteristik yaitu fisik dan kimia.

#### **2.1.1.1 Karakteristik Fisik**

Karakteristik atau sifat fisik air limbah domestik ini lebih mudah untuk diketahui dan diidentifikasi. Hal tersebut dikarenakan karakteristik fisik ini dapat diketahui secara visual. Namun, walaupun demikian analisa ataupun uji laboratorium juga penting untuk dilakukan. Karakteristik fisik pada air limbah diantaranya seperti bau, temperatur, padatan, turbiditas atau kekeruhan dan warna.

##### 1. Bau

Dijelaskan oleh Lestary (2011) bahwa penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah menjadi salah satu penyebab munculnya bau tidak sedap pada air limbah. Akibat dari penguraian zat-zat organik tersebutlah sehingga menyebabkan keluarnya gas seperti sulfida ataupun amonia sehingga menyebabkan timbulnya bau tidak sedap yang disebabkan oleh campuran dari sulfur, fosfor dan nitrogen yang berasal dari adanya proses pembusukan protein yang terkandung di dalam air limbah.

##### 2. Temperatur (Suhu)

Temperatur atau suhu merupakan ukuran panas atau dinginnya air limbah dengan satuan °C. Dijelaskan oleh Metcalf & Eddy (2003) bahwa salah satu aspek penting dalam air limbah yaitu temperatur. Hal tersebut

dikarenakan temperatur memberikan efek terhadap keberlangsungan terjadinya laju reaksi, reaksi kimia serta kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk keberlangsungan hidup dan aktifitas sehari-hari. Terjadinya penurunan konsentrasi jumlah oksigen terlarut dalam air limbah disebabkan oleh proses reaksi kimia yang dimana sejalan dengan adanya peningkatan temperatur, serta adanya kuantitas penurunan oksigen yang terjadi pada air permukaan.

Suhu memiliki peran dan dampak penting bagi air limbah domestik yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan suhu merupakan salah satu parameter air limbah yang dampaknya dapat mengganggu dan meninggalkan reaksi kimia di pada air. Suhu pada air limbah haruslah suhu alami dan tidak terlalu panas dikarenakan akan mengganggu biota air. Adapun salah satu fungsi dari temperatur atau suhu yaitu dapat memperlihatkan aktifitas biologis dan kimia pada air.

### 3. Padatan

Dijelaskan oleh Purba (2012) total padatan atau biasa disebut juga dengan total solid adalah segala bahan yang terdapat dalam air ketika telah dilakukan pemanasan dengan suhu berkisar antara 103°C-105°C. Total solid dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *total dissolved solid* (TDS) atau total padatan tersuspensi dan *total suspended solid* (TSS) atau biasa disebut dengan total padatan terlarut.

*Total suspended solid* (TSS) terdiri dari dua komponen, yaitu komponen biotik dan komponen abiotik. Pada komponen biotik dapat terdiri dari *fungi*, *zooplankton*, *fitoplankton* serta bakteri. Sedangkan untuk komponen abiotik terdiri dari detritus (bahan organik mati) dan partikel anorganik lainnya. Adapun *total dissolved solid* (TDS) merupakan bagian dari total solid atau total padatan yang berupa padatan terlarut.

Dijelaskan oleh Rono (2007) bahwa pada dasarnya TSS memiliki fungsi yang salah satunya yaitu untuk menilai ataupun memantau kemampuan tanaman pengolahan air limbah dalam menjamin kualitas air limbah apakah telah memenuhi baku mutu atau belum, sebelum air limbah

disalurkan atau diterima oleh badan air. Konsentrasi atau kadar TSS yang terlalu tinggi atau belum memenuhi baku mutu akan sangat berpengaruh pada makhluk hidup terutama pada tanaman ataupun biota air. Selain itu tingginya kadar TSS pada air akan menyebabkan kurangnya *Dissolved Oxygen* atau oksigen terlarut dalam air. Serta kurangnya kemampuan cahaya untuk dapat menembus badan air dikarenakan jumlah TSS yang terlalu tinggi.

#### 4. Turbiditas atau Kekeruhan

Kekeruhan dapat mengakibatkan terhalangnya cahaya untuk dapat masuk kedalam air, hal tersebut diakibatkan oleh kondisi dimana air mengandung materi tersuspensi sehingga salah satunya menyebabkan jarak pandang yang terganggu. Tingkat kekeruhan dapat dipicu oleh banyaknya faktor, salah satunya yaitu meningkatnya pertumbuhan bakteri ataupun alga yang berada dalam air sehingga kadar oksigen terlarut dalam air menjadi berkurang. Adapun materi tersuspensi yang biasanya terdapat dalam air dapat berupa zat organik, dimana zat organik ini merupakan nutrisi bagi bakteri. Materi tersuspensi juga dapat berupa zat anorganik, seperti fosfor dan nitrogen yang memiliki dampak dapat meningkatkan pertumbuhan alga didalam air. (Sawyer, 2003 dalam Purba, 2012)

#### 5. Warna

Pada dasarnya kualitas suatu air limbah dapat diketahui secara kualitatif berdasarkan warna dari air limbah tersebut. Dimana pada umumnya air limbah yang masih baru akan memiliki warna keabu-abuan. Namun lama-kelamaan warnanya akan berubah semakin gelap bahkan bisa menjadi warna hitam. Perubahan warna air limbah menjadi lebih gelap tersebut dipicu karena senyawa organik yang ada dalam air limbah mulai pecah atau terurai oleh aktifitas bakteri serta adanya oksigen terlarut yang tereduksi.

Dijelaskan oleh Sawyer (2003) warna dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu *true color* dan *apparent color*. *True color* atau biasa disebut warna sejati adalah warna yang disebabkan atau ditimbulkan akibat dari material koloid

yang berasal dari penguraian zat-zat organik, seperti lignin, humus dan asam organik lainnya. Sedangkan *apparent color* atau biasa dikenal dengan warna semu yaitu warna yang timbul karena diakibatkan oleh materi tersuspensi. Materi-materi tersuspensi tersebut, seperti pemakaian zat warna dalam suatu industri, cat, pewarna makanan, *red clay soil* ataupun yang lainnya.

### **2.1.1.2 Karakteristi Kimia**

Bahan-bahan ataupun zat-zat beracun yang ada didalam air atau air limbah tentunya akan mengganggu rantai makanan ataupun mempengaruhi ekosistem yang ada didalam air serta dapat mempengaruhi kesehatan makhluk hidup. Dijelaskan oleh Sari,dkk (2015) bahwasanya secara umum karakteristik kimia yang dimiliki oleh limbah cair dapat dibedakan menjadi zat organik. Dimana zat organik tersebut terdiri dari parameter COD, BOD, DO dan pH.

#### 1. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

*Chemical Oxygen Demand (COD)* atau biasa dikenal dengan istilah kebutuhan oksigen kimia merupakan salah satu parameter penting didalam air limbah. COD menjadi salah satu parameter penting karena dapat menentukan kualitas dari air, dimana COD ini merupakan salah satu dari parameter kimia yang dapat menentukan besarnya pencemaran akibat bahan organik yang ada pada air. Menurut Sari, dkk (2015) COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan dalam suatu proses penguraian seluruh bahan organik secara kimia yang terdapat dalam air.

Dijelaskan pula oleh Lestari (2011) bahwa nilai konsentrasi dari COD dapat dijadikan ukuran terhadap tingkat pencemaran di air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dioksidasi melalui sebuah proses mikrobiologis, sehingga hal tersebut mengakibatkan berkurangnya kandungan atau kadar oksigen terlarut yang ada pada air.

#### 2. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

*Biological Oxygen Demand* atau yang biasa dikenal dengan kebutuhan oksigen biologi merupakan suatu kebutuhan oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri dalam menguraikan atau mengoksidasi zat organik

yang terlarut dalam air ataupun yang tersuspensi dalam air sehingga akan menjadi bahan organik yang lebih sederhana lagi.

Dijelaskan oleh Ginting (2007) proses penguraian bahan-bahan organik yang terjadi dalam air pada dasarnya terjadi secara alami. Hal tersebut terjadi dikarenakan aktifnya bakteri-bakteri, dimana bakteri yang ada dalam air tersebut memiliki fungsi untuk menguraikan bahan organik yang ada dalam air dan akan secara bersamaan dengan habisnya oksigen yang dibutuhkan atau dikonsumsi oleh bakteri.

Pada dasarnya kadar atau konsentrasi BOD dalam air sangat berpengaruh pula pada kualitas air. Semakin Tinggi kadar BOD yang ada dalam air akan semakin sulit bagi makhluk hidup untuk dapat bertahan hidup karena berkurangnya jumlah oksigen terlarut didalam air. Dijelaskan juga oleh Purba (2012) hal tersebut berarti dengan berkurang atau habisnya oksigen terlarut yang ada dalam air yang dikonsumsi, sehingga akan mengakibatkan biota air lain yang juga membutuhkan oksigen akan kekurangan . Sehingga mengakibatkan biota air yang membutuhkan oksigen akan sulit untuk bertahan hidup. Selain itu keseimbangan ekosistem yang ada dalam air juga akan terganggu.

### 3. *Dissolved Oxygen (DO)*

*Dissolved Oxygen* adalah kadar atau jumlah oksigen terlarut yang ada di dalam air. Dimana *Dissolve Oxygen* yang berada dalam air ini memiliki fungsi salah satunya yaitu untuk respirasi aerob mikroorganisme. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi jumlah DO didalam air. Beberapa faktor yang mempengaruhi DO dalam air yaitu salinitas dan temperatur. Dijelaskan pula oleh Lestary (2011) bahwa kandungan oksigen terlarut yang ada dalam perairan sangat bergantung pada proses fisika, kimia dan biokimia yang terjadi didalam air. Konsentrasi oksigen terlarut pada perairan untuk menunjang kehidupan biota air ataupun ekosistem air tidak boleh kurang dari 6ppm.

Konsentrasi atau kandungan oksigen terlarut didalam perairan tidak boleh terlalu rendah ataupun terlalu tinggi. Dijelaskan Oleh Lestary (2011)

bahwa jumlah oksigen terlarut yang terlalu rendah akan mengakibatkan segala jenis ikan ataupun makhluk hidup lainnya akan mati karena kekurangan oksigen terlarut dalam air. Sedangkan air dengan jumlah oksigen terlarut yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan korosi yang akan semakin cepat terjadi dikarenakan hidrogen yang diikat dengan oksigen yang telah melapisi permukaan logam.

Dijelaskan pula oleh Purba (2012) bahwa air akan memiliki kemampuan oksidasi yang sangat baik apabila memiliki kandungan oksigen terlarut yang tinggi. Namun apabila terdapat suatu pencemar atau bahan organik yang tinggi dalam air maka hal tersebut menandakan bahwa kadar rendahnya jumlah oksigen terlarut dalam air.

#### 4. *Puissance d'Hydrogen* (pH)

pH merupakan suatu ukuran yang dapat menunjukkan suatu kadar asam ataupun kadar basa dalam suatu larutan dimana hal tersebut dapat menyatakan aktifitas ion hidrogen dalam larutan. pH berkisar antara 1-14, dimana bersifat asam apabila nilai pH menunjukkan angka 1-7 dan basa jika nilai pH diatas 7.

### 2.2.2 Baku Mutu Limbah Domestik

Baku mutu air limbah adalah ukuran batas /kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang/dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan. Baku Mutu Air Limbah Domestik diatur dalam PermenLHK Nomor 68 Tahun 2016 dapat dilihat pada lampiran 1 (PermenLHK No. 68 Th. 2016).

Untuk mencegah dan mengatasi permasalahan akibat pencemaran air maka dibuatlah aturan yang mengatur mengenai baku mutu air limbah. Adapun baku mutu air limbah telah tercantum di dalam Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 yaitu seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2 2 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
-----------	--------	----------------

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total coliform	Jumlah/100 orang	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber: PermenLHK No.68 Th.2016

Adapun untuk parameter kekeruhan, pH, dan suhu untuk keperluan higiene sanitasi dapat dilihat pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, dimana untuk kekeruhan maksimal yaitu 25 NTU, pH berkisar antara 6,5-8,5 dan suhu  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  dari suhu lingkungan. Parameter itu dibuat salah satunya dengan tujuan untuk mengendalikn tingkat pencemaran yang ada pada air untuk keperluan higiene sanitasi di Indonesia.

## 2.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal

Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal atau yang biasa dikenal dengan sebutan IPAL Komunal merupakan tumpuan yang sangat penting dalam mengelola air limbah yang dihasilkan pada suatu daerah. Sebelum dialirkan ke badan air, air limbah yang dihasilkan diolah terlebih dahulu di unit pengolahan yang ada pada IPAL Komunal agar dapat memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Dijelaskan oleh Lestari (2011) salah satu peran dan fungsi dari IPAL yaitu ikut serta mengolah serta mengendalikan air limbah domestik yang dihasilkan di sumber. Dengan adanya IPAL diharapkan air terbebas dari pencemaran yang diakibatkan oleh bahan-bahan organik pada air limbah yang belum terdegradasi dengan sempurna.

Semakin meningkatnya kehidupan manusia maka tentu saja kebutuhan air juga semakin meningkat. Hal tersebut tentu juga akan mengakibatkan banyaknya air limbah yang akan dihasilkan setiap harinya. Seiring dengan perkembangan penduduk, teknologi pengolahan air limbah juga terus menerus mengalami perkembangan. Dijelaskan oleh JSWA (1979) dalam Waluyo (2009) ada beberapa teknologi yang dapat diterapkan untuk mengolah air limbah secara biologis. Dimana pengolahan air limbah secara biologi dapat dilakukan dengan cara seperti berikut.

a. Proses biologis dengan biakan tersuspensi (Suspended Culture)

Pengolahan air limbah dengan menggunakan teknologi ini yaitu dengan menggunakan peran aktif dari mikroorganisme dalam memecah atau melakukan penguraian terhadap senyawa organik ataupun polutan didalam air limbah. Mikroorganisme yang ada pada teknologi ini akan dikembangbiakkan dengan cara tersuspensi didalam sebuah reaktor. Contoh dari penerapan teknologi ini yaitu *oxidation ditch, extended aeration, standart activated sludge, contact stabilization, step aeration*

b. Proses biologis dengan biakan melekat (Attached Culture)

Pengolahan air limbah dengan menggunakan teknologi ini yaitu mengembangbiakkan mikroorganisme pada suatu media. Dimana media tersebut nantinya berfungsi sebagai tempat melekatnya mikroorganisme. Mikroorganisme yang melekat pada lapisan media lama-kelamaan akan membentuk lapisan biofilm yang berfungsi untuk mendegradasi senyawa organik ada air limbah. Contoh teknologi pengolahan yang menggunakan sistem biakan melekat yaitu aerasi kontak, biofilter tercelup, RBC, *tricking filter*.

c. Sistem Lagoon atau Kolam

Sistem ini bekerja dengan mengumpulkan air limbah atau menampungnya kedalam suatu kolam. Dimana kolam ini memiliki luas yang relatif besar. Prinsip penguraian bahan organik pada air limbah dilakukan dengan waktu tinggal air limbah dalam kolam yang cukup lama. Lalu akan terjadi aktifitas mikroorganisme secara alami di dalam kolam. Sehingga polutan atau bahan-bahan organik yang

terdapat dalam limbah akan diuraikan oleh mikroorganisme yang terdapat dalam kolam atau lagoon.

Pada dasarnya semua teknologi pengoahan air limbah selalu melibatkan peran dari mikroorganisme untuk mendegradasi bahan atau senyawa organik dalam air. Pada prinsipnya sistem pengolahan untuk air limbah pun dapat diterapkan dengan sistem aerobik, anaerobik ataupun kombinasi keduanya. Pemilihan sistem tersebut tergantung dari sumber, jenis dan karakteristik yang dimiliki oleh air limbah yang akan diolah.



Gambar 2 1 IPAL Komunal Mendirola, Sleman, DIY

Salah satu daerah yang banyak memiliki IPAL Komunal salah satunya yaitu Daerah Istimewa Yogyakarta. IPAL Komunal Mendirola yang berlokasi di Sukoharjo, Ngaglik, Sleman merupakan salah satu contoh IPAL Komunal di daerah DIY. IPAL yang dibangun tahun 2015 dan mulai beroperasi tahun 2016 ini memiliki sistem pengolahan air limbah berupa Ekualisasi, Settler, *Anaerobic Buffled Reactor*, *Anaerobic Filter*, *Horizontal Gravel Filter* serta kolam uji dan stabilisasi. Dijelaskan oleh Ramandeep (2016) bahwa *Anaerobic Buffled Reactor* (ABR) merupakan salah satu contoh proses pengolahan air limbah yang terjadi secara anaerobic. ABR merupakan bentuk penyederhanaan dari rangkaian reaktor dengan sistem UASB. Dimana sistem ini dapat diterapkan namun dengan biaya yang tidak terlalu tinggi. IPAL Mendirola ini memiliki kapasitas 130 kepala keluarga, namun yang baru tersambung masih sekitar 63 kepala keluarga. Selain

untuk melakukan pengolahan air limbah, IPAL ini juga digunakan sebagai tempat wisata. Dimana IPAL Mendiro memiliki beberapa fasilitas seperti cafe limbah bedjo, perpustakaan dan kebun tanaman herbal.

### **2.3 Biofilter**

Dijelaskan dalam Pedoman Teknis IPAL (2011) bahwa proses pengolahan air limbah yang dilakukan dengan biofilter pada dasarnya yaitu dengan mengalirkan air limbah yang akan diolah ke dalam suatu reaktor biologis. Reaktor biologis ini sebelumnya telah diisi oleh media penyangga, dimana media penyangga tersebut berfungsi untuk perkembangbiakkan mikroorganisme. Sistem biofilter ini dapat dilakukan dengan cara aerob, anaerob atau kombinasi antara aerob anaerob. Untuk proses anaerob tidak menggunakan udara ataupun oksigen. Sebaliknya jika proses dilakukan secara aerob maka harus ditambahkan oksigen. Namun biasanya penggunaan sistem aerob dipilih untuk beban pengolahan yang tidak terlalu besar. Oleh sebab itu sistem aerob biasanya digunakan setelah melewati sistem anaerob pada proses sebelumnya.

#### **2.3.1 Proses Biofilter dalam Pengolahan Limbah Domestik**

Pada proses biofilter mikroorganisme akan berkembang dan tumbuh pada media penyangga yang digunakan. Media yang dapat digunakan sebagai tempat melekatnya atau tumbuhnya mikroorganismepun bermacam-macam seperti media yang terbuat dari plastik ataupun kerikil. Selanjutnya air limbah yang telah kontak dengan media baik secara terendam ataupun hanya dilewati saja akan membentuk lapisan seperti lendir yang melekat pada media yang digunakan sehingga akan terbentuk juga biofilm pada media. (Hadiwidodo, 2012)

Pemilihan teknologi pengolahan air limbah dengan proses biofilter dikarenakan keuntungan yang dimiliki oleh teknologi ini. Dijelaskan oleh Herlambang (2002) bahwa beberapa keuntungan penggunaan biofilter untuk mengolah air limbah diantaranya yaitu Efisiensi yang cukup baik dalam proses penguraian secara biologis pada air limbah. Namun efisiensi biofilter tergantung kepada luas kontak air limbah dengan mikroorganisme yang menempel pada media filter yang dipilih. Biofilter memiliki kemampuan yang baik dalam

mengurangi atau bahkan menghilangkan kandungan organik pada air limbah. Beberapa kandungan yang dapat dihilangkan atau dikurangi diantaranya seperti COD, BOD, *ammonia*, *suspended solid*, *phospor*, bahkan bakteri *E Coli* dapat berkurang atau hilang dengan sistem biofilter. Selain itu teknologi biofilter ini merupakan teknologi yang sederhana serta pengoperasian yang relatif mudah. Penerapan biofilter ini juga tanpa menggunakan bahan kimia dan tanpa menggunakan energi yang besar.

Pada dasarnya tidak hanya kelebihan, namun biofilter juga memiliki kekurangan dalam sistemnya. Beberapa kekurangan dari biofilter ini yaitu efisiensi kinerja dari biofilter tidak selalu baik. Hal tersebut dikarenakan oleh jenis dan bahan media pertumbuhan terlekat yang dipilih tidak sama. Selain itu dijelaskan pula oleh Hadiwidodo (2012) bahwa biofilter hanya cocok untuk diaplikasikan dalam mengolah limbah dengan kapasitas yang tidak terlalu besar. Itu artinya biofilter kurang dapat mengolah air limbah dengan kapasitas besar serta kandungan organik yang sangat tinggi.

### **2.3.2 Prinsip Pertumbuhan Terlekat (Biofilm)**

Dijelaskan oleh Butler & Boltz (2014) bahwa biofilm merupakan salah satu komponen atau mekanisme utama dalam tempat pertumbuhan mikroba secara terlekat. Biofilm memiliki struktur yang kompleks. Biofilm merupakan konsorsium (kumpulan) sel heterogen yang secara signifikan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dimana mereka hidup. Biofilm bersifat responsif terhadap lingkungan di sekitarnya. Pada dasarnya ada beberapa persyaratan yang menjadi prinsip pembentukan atau pertumbuhan dari biofilm. Dimana persyaratan minimum untuk pembentukan biofilm yaitu permukaan, air dan nutrisi. Pembentukan biofilm juga melewati serangkaian fase secara umum yaitu permukaan media, kolonisasi dan pertumbuhan.

Struktur biofilm dapat digambarkan yaitu halus atau padat, halus atau kasar dan datar atau berserabut. Struktur pada biofilm ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah komposisi kimia dari medium yang berada

disekitarnya dan dinamika hidro dari sistem yang ada. Konsentrasi nutrisi dalam air dapat mempengaruhi proses pembentukan biofilm pada permukaan media.

## **2.4 Media Biofilter**

Setiap air limbah memiliki kondisi atau kandungan yang berbeda-beda tergantung dari jenis limbah dan tempat dari air limbah berasal. Hal itu tentu saja berpengaruh pada media biofilter yang yang digunakan sebagai media penyangga untuk pertumbuhan terlekat dalam proses biologis pengolahan air limbah. Pemilihan media biofilter haruslah disesuaikan sesuai proses pengolahan ataupun dengan air limbah yang akan diolah.

### **2.4.1 Syarat Media Biofilter**

Dijelaskan oleh Kementerian Kesehatan RI (2011) media biofilter yang secara umum sering digunakan yaitu media yang terbuat dari bahan organik ataupun bahan anorganik. Untuk bahan media biofilter organik dapat berupa dalam bentuk jaring, tali, bentuk papan (*plate*), butiran tidak teratur (*random packing*), bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk bahan-bahan anorganik dapat meliputi batu tembikar, batu bara atau kokas, kerikil, batu marmer, batu pecah ataupun jenis batuan lainnya.

Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh media biofilter yang dapat digunakan dalam media biofilter untuk pertumbuhan terlekat. Syarat-syarat tersebut, diantaranya seperti dijelaskan dibawah ini.

- a. Mempunyai luas permukaan spesifik yang besar
- b. Mempunyai fraksi volume rongga yang tinggi
- c. Diameter celah bebas yang besar (*large free passage diameter*)
- d. Tahan terhadap penyumbatan
- e. Dibuat dari bahan inert
- f. Mempunyai kekuatan mekanik yang baik
- g. Ringan
- h. Fleksibilitas
- i. Pemeliharaan yang muda

- j. Kebutuhan energi yang kecil
- k. Reduksi cahaya
- l. Sifat kebasahan

#### 2.4.2 Efektifitas Media Filter

Telah dibahas sebelumnya bahwa ada banyak bahan media biofilter baik itu organik maupun anorganik. Namun pada setiap media biofilter tentu saja memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai media biofilter untuk pertumbuhan terlekat. Berikut beberapa perbandingan kelebihan dan kekurangan efektifitas berbagai media filter.

Tabel 2 3 Perbandingan Efektifitas Media Biofilter

No	Media	Kelebihan	Kekurangan
1	Batuan dan Kerikil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bersifat inert dan tidak mudah pecah, kekuatan mekanikal yang baik.</li> <li>• Memiliki sifat kebasahan yang baik.</li> <li>• Mudah didapatkan dan ekonomis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memiliki fraksi volume rongganya yang sangat rendah dan berat serta mudah terjadi sumbatan.</li> <li>• Relatif media filter permanen, karena berat dan sulit untuk dipindahkan</li> </ul>
2	<i>Fiber mesh pads</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memiliki berat cukup ringan.</li> <li>• Mempunyai luas permukaan per unit volume yang besar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter celah bebas yang sangat kecil.</li> <li>• Cepat mengalami penyumbatan.</li> <li>• Sulitnya proses pembersihan dan regenerasi bantalan.</li> <li>• Pemasangan yang sulit dalam jumlah besar.</li> <li>• Memerlukan penyangga</li> </ul>

No	Media	Kelebihan	Kekurangan
			tambahan.
3	<i>Brillo pads</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ringan dan luas permukaan relatif besar dengan harga murah.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kekuatan mekanikal yang kecil.</li> <li>• Untuk skala besar sulit digunakan dan kurang ekonomis</li> </ul>
4	<i>Structured packing</i> (media terstruktur)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memiliki kekuatan mekanik yang cukup besar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relatif mahal untuk digunakan.</li> </ul>
5	<i>Random</i> atau <i>dumped packing</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memiliki fraksi rongga yang baik dan relatif tahan terhadap penyumbatan .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secara umum kekuatan mekanik relatif kecil.</li> <li>• Sulit dipindahkan dari <i>vessel</i> besar jika telah dipasang.</li> <li>• Sulitnya pemasangan.</li> <li>• Apa yang terjadi dalam unggun biofilter susah untuk dilihat operator</li> <li>• Harga yang relatif mahal.</li> </ul>

Sumber: Kementerian Kesehatan RI 2011

### 2.5 Teknologi *Down Flow Hanging Sponge* (DHS)

Semakin meningkatnya taraf hidup dan meningkatnya jumlah manusia maka semakin meningkat pula air limbah yang dihasilkan. Hal itu menjadikan semakin pesatnya perkembangan teknologi pengolahan air limbah yang ada. Salah satu teknologi untuk pengolahan air limbah yang terus dikembangkan salah satunya yaitu teknologi dengan sistem *Down Flow Hanging Sponge*

(DHS). Teknologi DHS ini dikhususkan sebagai teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah. Dijelaskan oleh Faisal (2017) sistem reaktor DHS memiliki kemampuan atau performa yang tinggi dalam mengolah air limbah karena mampu mengurangi senyawa organik dalam air.

### 2.5.1 Perkembangan dan Prinsip Reaktor DHS

Pengembangan dan penerapan reaktor DHS untuk pengolahan air limbah domestik pertama kali dilakukan di Jepang oleh Prof. Harada. Dijelaskan oleh Kubota (2014) bahwa reaktor *Down Flow Hanging Sponge* (DHS) telah dikembangkan sebagai proses paska perawatan untuk reaktor anaerobik dengan sistem yang telah digabungkan dengan proses sistem UASB dalam menangani dan mengolah limbah domestik. Reaktor DHS tersebut dijadikan sebagai *post threatment* yang dikombinasikan bersamaan dengan reaktor *Up-flow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB).

Dijelaskan oleh Tandukar (2006) bahwa prinsip dari *Down Flow Hanging Sponge* (DHS) yaitu penggunaan spons poliuretan. Pemilihan media spons poliuretan tersebut dikarenakan media tersebut mampu mempertahankan biomassa dengan konsep yang hampir sama dengan sistem teknologi *tricking filter*. Selain itu dijelaskan juga oleh Bitton (1994) Sistem DHS menggunakan filter dengan media yang digunakan yaitu spons dalam suatu tabung reaktor yang dipergunakan untuk menjaga agar mencegah terjadinya kontaminasi debu ataupun partikulat lain yang dapat mengganggu kinerja reaktor. Pemisahan material yang terjadi di dalam spons terjadi berdasarkan ukuran molekul yang ada dalam air limbah.

Sistem DHS (*Down Flow Hanging Sponge*) pada dasarnya disusun dari bahan poliuretan (spons CF) sebagai media yang dikemas. Kemudian akan dikembangbiakkan atau ditumbuhkan mikroorganisme pada media yang memiliki pori tersebut. Nantinya akan terbentuk biofilm pada media pertumbuhan terlekat tersebut. Karakteristik dari DHS itu sendiri berupa penggabungan panjang suatu lumpur aktif (100 hari)an dengan HRT singkat yaitu 2 jam pada kinerja bioreaktor tersebut. (Tawfiq, 2005)

### **2.5.2 Kelebihan *Down Flow Hanging Sponge* (DHS)**

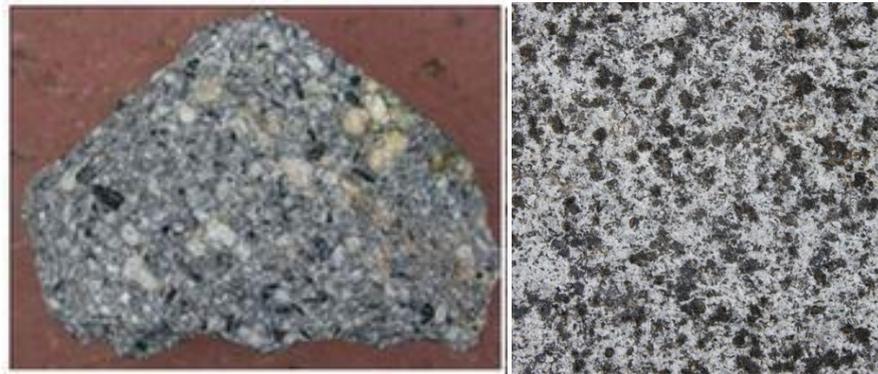
Pengembangan teknologi DHS semakin pesat dikembangkan oleh para peneliti. Hal tersebut dikarenakan keuntungan-keuntungan yang dimiliki oleh sistem reaktor DHS dalam mengolah air limbah. Dijelaskan oleh Mahmoud (2011) dimana reaktor DHS ini memiliki prinsip yang hampir sama dengan *tricking filter*, dengan mengembangkan poliuretan dalam mengolah air limbah. Ada banyak keuntungan yang dimiliki oleh reaktor *Down Flow Hanging Sponge*, diantaranya yaitu memiliki waktu tinggal lumpur yang lebih tinggi (SRT), konsentrasi biomassa yang lebih tinggi, waktu tinggal (HRT) yang relatif rendah. Selain itu keuntungan lain yang dimiliki oleh reaktor DHS yaitu meskipun bersifat aerobik, namun reaktor DHS tidak membutuhkan aerasi eksternal. Misalnya spons yang digunakan pada reaktor tidak direndam namun digantung di udara, dimana air limbah yang mengalir turun mengenai spons akan berkontak langsung dengan udara di atmosfer. Sehingga hal tersebut dapat menambah konsentrasi kadar oksigen terlarut yang berada dalam air limbah.

## **2.6. Batu Andesit Sebagai Media Biofilter**

Ada banyak media yang dapat digunakan sebagai media pertumbuhan terlekat. Salah satu jenis media yang dapat digunakan sebagai media untuk pertumbuhan terlekat dengan sistem biofilter yaitu dari jenis bahan batuan.

### **2.6.1 Sifat dan Karakteristik Batu Andesit**

Dijelaskan oleh Anjarwati (2013) batu andesit merupakan batuan yang berasal dari gunung. Batu andesit berwarna gelap keabuan dengan permukaan kasar. Secara umum batu andesit banyak terdapat di daerah gunung berapi. Hal tersebut dikarenakan batu andesit merupakan batuan beku yang terbentuk dari proses letusan gunung berapi. Selain itu karakteristik lain dari batu andesit yaitu mengandung silika yang memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi.



Gambar 2 2 Batu Andesit

Sifat yang paling penting dari silika adalah sebagai adsorben yang dapat diregenerasi. Banyaknya pori yang terdapat dalam batu andesit menjadi salah satu faktor yang menyebabkan luasnya permukaan silika yang ada di batu andesit. Dikarenakan banyaknya pori pada batu andesit, maka akan lebih memudahkan menjadi tempat melekatnya bakteri untuk pengolahan air limbah pada reaktor. Oleh karena sifat dan karakteristik yang dimiliki oleh batu andesit ini, menyebabkan batu andesit ini merupakan salah satu media yang cocok untuk pertumbuhan terlekat pada sistem bioreaktor. (Edwin, 2014)

### **2.6.2 Kelebihan Batu Andesit sebagai Media Biofilter**

Pada dasarnya pemilihan batu andesit sebagai media biofilter tentunya bukan tanpa alasan. Pemilihan media batu andesit dikarenakan beberapa keuntungan dan kriteria yang dimiliki oleh batu andesit sesuai dengan kriteria media yang dapat dijadikan biofilter. Adapun kelebihan dari batu andesit ini diantaranya seperti dijelaskan dibawah ini.

- a. Merupakan bahan yang memiliki sifat inert, artinya tidak mudah untuk terurai, bahan yang tidak korosif, tahan terhadap perusakan kimia serta pembusukan.
- b. Memiliki kekuatan mekanik yang baik sehingga batu andesit ini tidak mudah hancur dan terpecah belah.
- c. Relatif mudah untuk didapatkan dan relatif lebih ekonomis apabila ingin digunakan.

- d. Memiliki sifat kebasahan yang baik sehingga bakteri atau mikroorganisme dapat menempel, tumbuh serta berkembang biak pada permukaan media batu andesit.
- e. Memiliki luas pori yang cukup besar sehingga lebih memudahkan tumbuhnya dan berkembangbiaknya bakteri atau mikroorganisme.

### 2.6.3 Penelitian tentang Batuan sebagai Media

Pemilihan batu andesit sebagai media untuk pertumbuhan terlekat tentu bukan tanpa alasan. Pemilihan batu andesit sebagai media pertumbuhan terlekat dalam pengolahan air limbah dipicu dari penelitian-penelitian sebelumnya tentang biofilter ataupun tentang batuan-batuan yang dapat digunakan sebagai media biofilter walaupun dirancang dengan teknologi yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penelitian. Penelitian-penelitian yang mendasari dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2 4 Penelitian Terdahulu tentang Media Biofilter

Nama & Tahun	Hasil Penelitian
Edwin, dkk (2014)	Penelitian ini dilakukan dalam upaya melakukan pengolahan untuk air dengan menerapkan kinerja <i>biosand reactor</i> berbahan dasar batu andesit dalam upaya untuk menurunkan konsentrasi COD dan BOD yang ada didalam air tanah dangkal. Penerapan reaktor ini dengan menggunakan batu andesit sebagai media utama berhasil menurunkan konsentrasi COD sebesar 65-70% dan BOD 75-87%
Ratnawati & Khoif (2018)	Pada penelitian ini media yang digunakan yaitu batu apung yang diaplikasikan kedalam sistem biofilter anaerobik untuk pengolahan limbah cair yang dihasilkan di rumah potong ayam. Penggunaan batu apung sebagai media filter didalam reaktor mampu meremoval kandungan COD sebesar 96% dan BOD sebesar 94%. Penelitian ini memiliki tujuan untuk

	mengkaji penyisihan BOD dan COD dengan sistem biofilter anaerobik menggunakan batu apung
Wardiha & Prihandono (2015)	Penelitian mengenai efektifitas biofilter dimana menggunakan batu vulkanik dalam upaya mengelola effluent dari air limbah domestik pada tangki septik konvensional. Biofilter <i>septic tank</i> merupakan salah satu dari banyaknya teknologi pengolahan air limbah domestik yang menggunakan kontak terhadap media untuk mengelola air limbah. Pada penelitian ini efisiensi biofilter bekerja dengan cukup baik dengan menggunakan batu vulkanik sebagai media. Pada penelitian ini efisiensi menggunakan batu vulkanik dalam penyisihan COD, Amonia dan BOD secara berurutan mencapai 46,04%; 82,15% dan 45,61%
Nirwana (2014)	Pada penelitian ini meneliti tentang pengolahan pada limbah cair secara kontinyu dengan menggunakan media filter berupa batu fosfat. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa pengelolaan air yang dilakukan secara kontinyu ( <i>up flow</i> ) dengan media batu fosfat mampu meremoval bahan organik didalam air limbah. Seperti dapat mereduksi TS, TSS dan TFS masing-masing secara berurutan sebesar 33,97%, 36,67% dan 25,81%.

Dari penelitian-penelitian terdahulu yang sudah dijelaskan diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa batuan dapat digunakan sebagai media dalam proses pengolahan air limbah dengan teknologi biofilter. Namun performa reaktor atau besarnya kemampuan reaktor menyisihkan bahan organik berbeda-beda tergantung dari media yang digunakan.